

複合加工機用 4.5 軸 CAM の開発

金沢大学 ○矢野航大, ◎浅川直紀

要旨

5軸加工機では工具姿勢を制御することにより、複雑形状の切削を可能としている。4軸複合加工機では工具の交換により工作物の軸線に対し並行方向と垂直方向の2方向より切削が可能であるため、加工方向の切り替えによって5軸加工機に近い加工を行うことが可能である。本研究では4軸動作と工具切り替え動作を合わせて4.5軸動作と定義し、加工方向の自動判定を行い、加工経路を生成する4.5軸CAMの開発を行った。

1. はじめに

4軸複合加工機とはNC旋盤に工具交換機能とミリング機能を取り入れたものである。旋削加工と工具交換を使ったミリングにより4軸複合加工機は一般の5軸加工機で行っていた複雑形状の加工をより効率的に行うことができると考えられる。本研究では、4軸複合加工機汎用CAM開発の導入として、加工方向の自動判定を行い加工経路を生成する4.5軸CAMを提案し、その開発を目指す。

2. システム構成

本研究では、オープンソースCAMカーネルKodatuno¹⁾を利用しCAMシステムを開発している。CAMシステムはメインプロセッサとポストプロセッサから構成され、メインプロセッサでは定義形状よりCLデータの生成、ポストプロセッサではCLデータよりNCデータの生成を行う

3. 原理

本研究ではミリング軸がチルトするタイプの複合加工機ではなく、図1に示すような4軸の複合加工機を対象としている。このレイアウトの加工機では、タレットの回転により工具交換を行うと工作物の回転軸に垂直方向、工作物の回転軸に平行方向の2方向から切削可能であり、これらをそれぞれ半径方向、軸方向と呼ぶ。加工時はそれぞれの加工方向によって図2のように工作物に対する相対的な工具姿勢が異なる。工作物形状に合わせて加工方向を判別し、工具姿勢を制御することで、ボールエンドミルを用いる場合は図3に示すように5軸加工機にて加工を行っていた複雑形状を、4軸複合加工機においても加工が可能となる。ただし、5軸加工では任意の位置で、任意の工具姿勢をとれるが、この場合は工具姿勢に制限がある。これを4軸加工+工具交換であることから4.5軸加工と定義する。

複合加工機は旋盤ベースのためX、Y軸の可動範囲が狭いことから、図4(a)に示すようにインデックス軸としてC軸を使用せずにX、Y、Z軸のみの移動にて加工を行うのではなく、図4(b)に示すようにC軸を位置決めとして利用しつつX、Y、Z軸の移動を行うことでX、Y軸の移動量を小さくする。

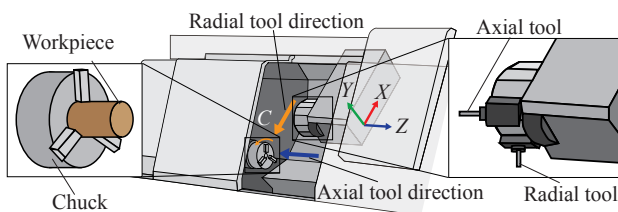


Fig. 1 Turning center

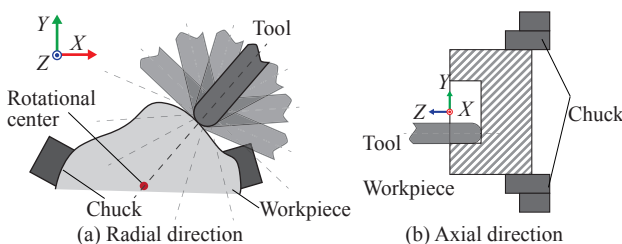
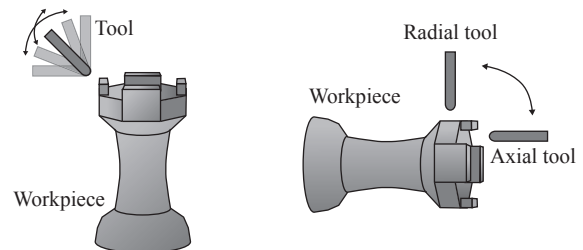


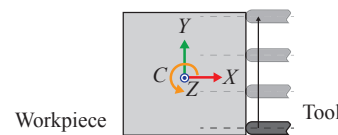
Fig. 2 Tool posture



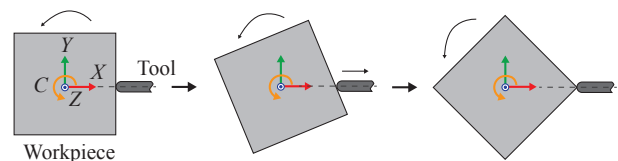
(a) 5-axis machining

(b) 4.5-axis machining

Fig. 3 Multi-axis machining



(a) Positioning using X, Y axes



(b) Positioning using C, X, Y axes

Fig. 4 Tool motion

4. 加工経路の生成

4.1 概要 工作物形状の加工面に対し加工方向の判別を行い、半径方向加工と軸方向加工に分けて加工対象点群を生成する。本報ではY軸の移動については考慮せず、X、Z、C軸を用いた加工を目的とする。半径方向加工と軸方向加工における経路生成に関して以下に示す。

4.2 加工方向判別 図5に加工方向判別方法の概略を示す。選択面上に加工方向判定用ベクトル群を生成し、ベクトル群と各面との交点を検出した場合、加工不可能面とし、交点を検出なかった場合加工可能面とする。半径方向、軸方向判別においてそれぞれ加工方向判別用ベクトルが異なり、半径方向においては位置ベクトルのXY平面への射影ベクトル、軸方向においてはZ正方向ベクトルを使用する。

4.3 半径方向加工 概略を図6に示す。半径方向加工対象面上にXY平面との交線を利用し加工対象点を生成した後、工具半径オフセットを行う。その後、指定量だけ順次オフセットを行う。オフセット方向は法線ベクトルのXY平面の射影ベクトルとする。オフセット後は母材形状からはみ出す点は削除し、残った点同士をつなぎ加工経路とする。

4.4 軸方向加工 概略を図7に示す。加工対象面上に指定間隔での加工対象点を生成し、工具半径オフセットを行った後、すべての点を覆う格子を生成する。格子内の1枠をセルとし、初期開始セルを定めた後、外側方向、反時計方向、内側方向、時計方向の順に加工対象点が収まっている点を探しつなげていき

初期の加工経路とする。それを加工経路上の最小Z座標が工具半径値を超えるまでZ正方向にオフセットし、最終的な加工経路とする。

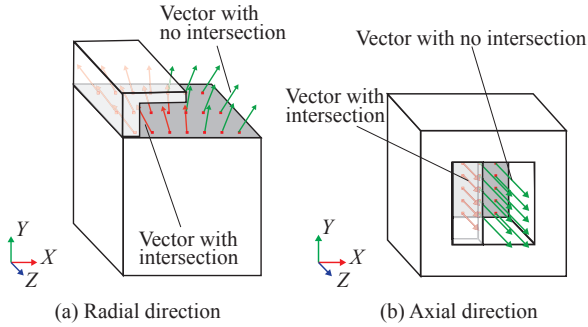


Fig. 5 Algorithm of tool direction determination

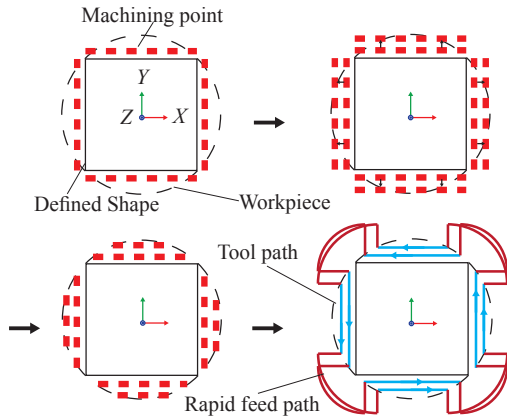


Fig. 6 Algorithm of radial path generation

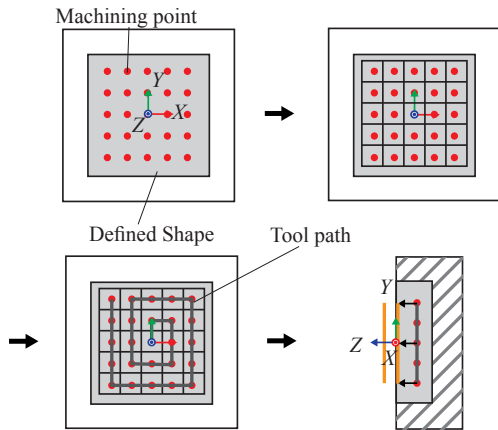


Fig. 7 Algorithm of axial path generation

5. 実験

図8に示す定義形状に上記の手法を適用した結果の加工方向、加工対象点群を図9に示す。生成した加工経路の検証のため、加工実験を行った。本来であれば、この定義形状は3軸にて加工可能であるが、加工方向判別が指定面にて有効であるか、定義寸法通り半径方向、軸方向の加工が行われているか検証を行うために使用した。加工には直径6mmのボールエンドミルを使用し、母材としてケミカルウッド(φ85)を用いた。加工後の工作物を図10に示す。半径方向加工部は定義形状通りの結果が得られた。軸方向加工部においては20mmの部分において19.8mmとなっている。原因としては軸方向加工経路生成における加工対象点の生成間隔が大きかったため、十分な精度が得られなかったことにあると考える。また、加工を通して工作物と工具との干渉は見られなかった。

6. おわりに

本研究では、加工方向の自動判定を行い加工経路を生成する4.5軸CAMの開発を行い、以下の結論を得た。

- 1) 主軸のインデックス機能を有効活用した加工方向判別の手法を提案し、有用性を確認した。
- 2) 半径方向、軸方向それぞれの加工経路を生成する手法を示した。
- 3) 実際の加工で生成した経路の有効性を確認した。

参考文献

- 1) 浅川直紀, 高杉敬吾, 岡田将人: OpenCAM カーネル "Kodatuno" の開発, 日本機械学会 2012 年度年次大会講演論集, (2012)

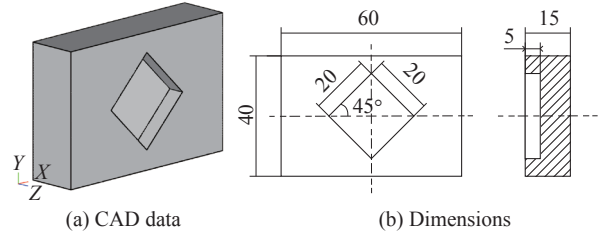


Fig. 8 Defined workpiece

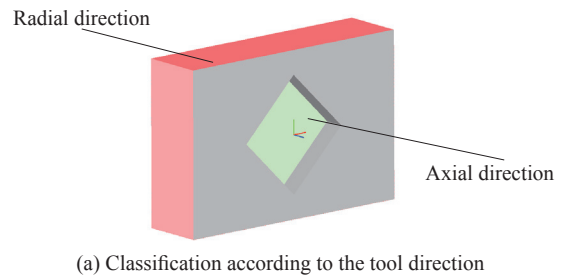
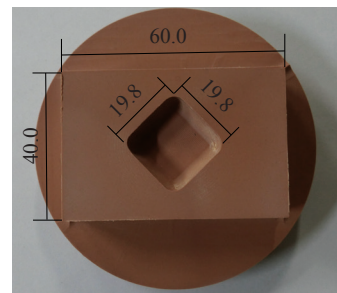
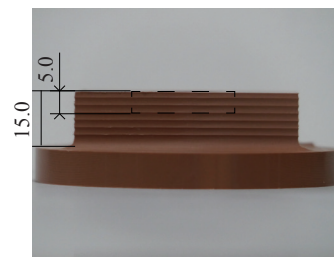


Fig. 9 Path generation



(a) X-Y plane view



(b) Z-X plane view

Fig. 10 Machined workpiece